

HUBUNGAN ANTARA KINERJA SIMPANG BERSINYAL TERHADAP KONSUMSI BAHAN BAKAR MINYAK DI GANDOMANAN, YOGYAKARTA

Prima Juanita Romadhona dan Andrian Arif Suhanda

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Univ. Islam Indonesia

Email: prima_dhona@uii.ac.id

Abstrak: Padatnya arus lalu lintas dan panjangnya antrian kendaraan terlihat pada simpang bersinyal Gondomanan Yogyakarta. Akibatnya, jumlah kendaraan bermotor meningkat sehingga konsumsi BBM membengkak. Penelitian ini dilakukan untuk mengukur kinerja simpang kondisi eksisting sehingga diketahui tundaan dan panjang antrian serta hubungannya dengan konsumsi BBM. Pengambilan data primer dilakukan untuk mendapatkan tundaan, panjang antrian dan arus lalu lintas. Analisis kinerja simpang menggunakan perangkat Lunak VISSIM dan Bina Marga serta persamaan Lamsal (ATIS-India) untuk konsumsi BBM. Analisis regresi linier sederhana digunakan untuk mengetahui keterkaitan antara kinerja simpang berupa tundaan dengan konsumsi BBM. Hasil analisis simpang bersinyal Gondomanan pada pendekatan selatan memiliki V/C melebihi 0,85 dan tundaan di atas 25 detik. Total rata-rata sebanyak 286,668 liter konsumsi BBM terbuang akibat tundaan selama satu jam pada kondisi eksisting dengan kerugian sebesar Rp. 2.150.012. Alternatif pemecahan masalah yang paling tepat adalah mengurangi waktu siklus dengan menggeser median pendekatan selatan, sehingga hasil kinerja simpang lebih baik dari kondisi eksisting karena penurunan V/C dan tundaan untuk setiap pendekatan. Selain itu, konsumsi BBM mengalami penurunan sebesar 9,6%.

Kata kunci: konsumsi BBM, simpang bersinyal, tundaan, VISSIM, V/C rasio

THE RELATION BETWEEN THE PERFORMANCE OF SIGNAL INTERSECTION FOR FUEL OIL CONSUMPTION GANDOMANAN, YOGYAKARTA

Abstract: *The density of traffic flow and the vehicles queue length could be seen in the Gondomanan signal intersection in Yogyakarta. Because of increased number of vehicles so that fuel consumption swelled. This research was conducted to measure the intersection performance of existing conditions and its relationship with fuel consumption. Primary data had done to get traffic flow, delay, and queue length. The performance analysis used VISSIM software and Bina Marga as well as the Lamsal (Indian-ATIS) equation for fuel consumption. Simple linear regression analysis was used to determine the relationship between intersection performance in the form of delay with fuel consumption. As the result, it had V/C exceeding 0.85 and a delay above 25 seconds. The average total of 286,668 liters of fuel consumption were wasted due to a one-hour delay in existing conditions with a loss of Rp. 2,150,012. The most appropriate alternative problem solving was to reduce cycle time by shifting the median of the southern approach, so that the intersection performance result would be better than the existing condition due to a decrease in V/C and delay for each approach. In addition, fuel consumption had decrease by 9.6%.*

Keywords: *delay, fuel consumption, signalized intersection, vissim, V/C ratio*

PENDAHULUAN

Bagi masyarakat Indonesia yang bermobilitas tinggi dan semakin modern, transportasi menjadi suatu kebutuhan pokok baik transportasi pribadi maupun umum (Darmaputera dan Kurnaerdy, 1999). Hal ini menyebabkan arus lalu lintas yang padat dan panjangnya antrian kendaraan di beberapa simpang bersinyal yang ada Kota Yogyakarta, salah satunya adalah simpang Gondomanan. Simpang ini sering digunakan oleh masyarakat sebagai akses menuju tempat-tempat wisata disekitar Kota Yogyakarta dan Malioboro. Selain itu, jumlah kendaraan bermotor yang meningkat juga memberi dampak terhadap konsumsi bahan bakar minyak (BBM). Semakin banyaknya jumlah kendaraan bermotor maka konsumsi bahan bakar minyak (BBM) juga semakin meningkat.

Hadis (2013) telah melakukan penelitian mengenai akibat dari penutupan pintu perlintasan kereta api di Surakarta yaitu adanya hubungan antara konsumsi bahan bakar terhadap panjang antrian dan tundaan. Persamaan LAPI-ITB yang dikonversikan ke satuan mobil penumpang digunakan untuk menganalisis konsumsi BBM berdasarkan lama tundaan. Hasil yang didapatkan yaitu semakin besar panjang antrian dan nilai tundaan yang semakin tinggi, maka konsumsi bahan bakar yang terbuang akan semakin besar pula.

Julianto (2007) melakukan penelitian tentang analisis kinerja simpang bersinyal berdasarkan konsumsi bahan bakar minyak (BBM) pada Simpang Milo dan Simpang Bangkok Semarang. Hasil yang didapatkan yaitu pengguna jalan dapat menghemat BBM dengan adanya bantuan pengaturan lalu lintas yang dilakukan saat ini, meskipun belum maksimal.

Khafidz (2016) telah melakukan penelitian mengenai hubungan antara konsumsi bahan bakar terhadap panjang antrian dan tundaan di Jalan Arteri Kota Surakarta. Sayangnya, pemodelan untuk perhitungan hubungan antara konsumsi bahan bakar tidak dapat dipakai, baik dengan regresi linear sederhana ataupun berganda.

Oleh karena itu, diperlukan penelitian mengenai perhitungan konsumsi BBM yang terbuang berdasarkan tundaan dan kinerja simpang pada kondisi eksisting. Serta melakukan rekayasa lalu lintas untuk mengoptimalkan kinerja simpang, hal ini dilakukan sebagai salah satu solusi mengurangi jumlah konsumsi Bahan Bakar Minyak yang terbuang pada simpang bersinyal di Gondomanan Yogyakarta.

KINERJA PADA SIMPANG BERSINYAL

Arus Jenuh Nyata (S)

Bina Marga (1997) menyatakan arus jenuh nyata merupakan hasil dari perkalian arus jenuh dasar keadaan ideal (S_0) dengan faktor penyesuaian berdasarkan kondisi sebenarnya (F), dalam smp/jam hijau. Perhitungannya seperti rumus (1) berikut.

$$S = S_0 \times F_{cs} \times F_{sf} \times F_p \times F_g \times F_{rt} \times F_{lt} \quad (1)$$

dengan S adalah arus jenuh nyata (smp/jam hijau), S_0 adalah arus jenuh dasar (smp/ jam hijau), F_{cs} adalah faktor koreksi ukuran kota, F_{sf} adalah faktor penyesuaian hambatan samping, F_p adalah faktor penyesuaian parkir tepi jalan, F_g adalah faktor penyesuaian akibat gradien jalan, F_{rt} adalah faktor koreksi belok kanan, F_{lt} adalah faktor penyesuaian belok kiri.

Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan merupakan perbandingan antara kapasitas dengan volume (nilai arus) lalu lintas. Rumus derajat kejenuhan dapat dilihat pada rumus (2) berikut ini.

$$DS = \frac{V}{C} \quad (2)$$

dengan DS adalah derajat kejenuhan, V adalah volume lalulintas (smp/jam), C adalah kapasitas (smp/jam)

VISSIM

Berdasarkan *PTV Group* (2017), *VISSIM* merupakan perangkat lunak aliran mikroskopis simulasi yang dapat digunakan dalam menganalisis operasi angkutan umum dan kendaraan pribadi. Berdasarkan perencanaan efektivitas dan

langkah-langkah rekayasa transportasi, VISSIM dapat digunakan dalam mengevaluasi berbagai langkah alternatif. Permodelan VISSIM dapat disesuaikan oleh pengguna misalnya dalam mengatur jenis kendaraan serta parameter yang ingin ditinjau seperti berikut:

1. Menetapkan titik lokasi memulai perhitungan panjang antrian saat kendaraan berhenti (*Queue counter*).
2. Menghitung waktu tundaan kendaraan pada rute yang sudah ditentukan (*Delay*).
3. Sebagai parameter validasi VISSIM, tentukan kendaraan yang sudah disimulasi (*Data Collection*).

Tingkat Pelayanan

Hubungan antara tingkat pelayanan dan tundaan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kriteria Untuk Tingkat Pelayanan Pada Simpang Bersinyal

Tingkat Pelayanan	Tundaan (detik/ kendaraan)
A	≤ 5
B	> 5 – 15
C	> 15 – 25
D	> 25 – 40
E	> 40 – 60

Sumber: Kementerian Perhubungan, 2015

Konsumsi BBM

Perhitungan konsumsi BBM menggunakan koefisien konsumsi BBM yang sesuai dengan Lamsal, 2013 pada kondisi kendaraan diam (*idle*) seperti pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Koefisien Konsumsi BBM

Jenis Kendaraan	Koefisien Konsumsi BBM (ml/jam)
Motor Cycle (MC)	170 ml/jam
Light Vehicle (LV)	767 ml/jam
Heavy Vehicle (HV)	833 ml/jam

Sumber: Lamsal (2013)

METODE PENELITIAN

Data

Dalam penelitian ini digunakan data primer berupa geometri simpang, volume lalu lintas, data pergerakan, pengaturan sinyal lalu lintas dan jarak antar kendaraan.

Analisis Konsumsi Bahan Bakar Minyak (BBM)

Persamaan Lamsal (2013) digunakan untuk mengetahui jumlah konsumsi BBM dengan memperhitungkan jumlah kebutuhan bahan bakar (liter) setiap terjadi tundaan di setiap lengan simpang.

Analisis Regresi

Software SPSS digunakan untuk membantu dalam analisis regresi. Analisis Regresi menganalisis hubungan antara dua variabel atau lebih yang berpengaruh terhadap variabel yang dipengaruhi. Pada penelitian ini analisis regresi linear menggunakan rumus (3) seperti dibawah ini.

$$Y = a + bX \quad (3)$$

dengan Y adalah konsumsi BBM (variabel tidak bebas), X adalah tundaan (variabel bebas), a adalah konstanta (nilai intercept), b adalah slope (koefisien kecondongan garis).

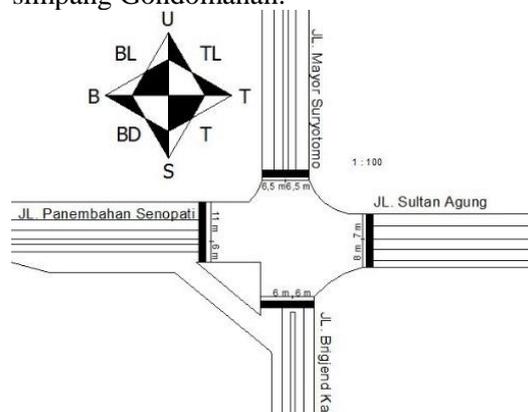
Pemodelan Perangkat Lunak/ software VISSIM

Permodelan pada penelitian ini dengan melakukan input data sesuai dengan beberapa parameter yang akan ditinjau pada software VISSIM.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Eksisting

Data geometri ketika melakukan pemodelan VISSIM berupa lebar lajur jalan agar dapat membuat skala untuk peta lokasi dan input lebar lajur jalan. Pada Gambar 1 dapat dilihat data geometri simpang Gondomanan.



Gambar 1. Geometri Simpang Gondomanan Pada Kondisi Eksisting

Pada Tabel 3 dapat dilihat data sinyal lalu lintas eksisting. Sedangkan data volume lalu lintas ketika jam puncak dapat dilihat pada Gambar 2.

Kalibrasi dan Validasi

Kalibrasi diperlukan agar permodelan VISSIM dapat mewakili kondisi di lapangan. Kalibrasi dilakukan dengan cara pada *Menu Driving Behaviour* yang awalnya masih di *setting* secara *default* oleh VISSIM, diganti dengan perilaku mengemudi yang ada di lokasi penelitian. Pada Tabel 4 dapat dilihat Kalibrasi yang dilakukan sebagai berikut.

Dapat dilihat pada Tabel 5 di atas, selisih antara kendaraan yang keluar dengan kendaraan yang diinput masih bisa

ditoleransi karena selisih jumlahnya di bawah 15 %.

Hasil dari permodelan VISSIM didapatkan rekapitulasi hasil analisis kinerja Simpang Gondomanan eksisting pada Tabel 6. Dari tabel tersebut diperoleh hasil bahwa pendekatan bagian selatan simpang Gondomanan belum optimal.

Nilai konsumsi BBM

Pada Tabel 7 sampai dengan Tabel 11 dapat diketahui dalam satu jam puncak sebanyak 21 kali lipat total konsumsi BBM rata-rata terbuang dibandingkan pada saat satu siklus pada Simpang Gondomanan.

Tabel 7. Nilai Konsumsi BBM Rata-rata tiap Kendaraan Saat Jam Sibuk pada Simpang Gondomanan Kondisi Eksisting

Pendekat	Tundaan (Jam)	Konsumsi Bahan Bakar Minyak (liter/kendaraan)			
		MC	LV	HV	TOTAL
Utara	0,005	0,001	0,004	0,005	0,010
Timur	0,008	0,001	0,006	0,006	0,014
Selatan	0,008	0,001	0,006	0,007	0,014
Barat	0,009	0,002	0,007	0,007	0,015
TOTAL	0,030	0,005	0,023	0,025	0,053

Tabel 8. Nilai Konsumsi BBM Rata-rata Dalam Satu Siklus Saat Jam Sibuk Pada Simpang Gondomanan Kondisi Eksisting

Pendekat	Tundaan (Jam)	Konsumsi BBM (liter/kendaraan)			
		MC	LV	HV	TOTAL
Utara	0,005	1,23	1,46	0,05	2,74
Timur	0,008	1,65	1,26	0,12	3,03
Selatan	0,008	1,88	2,37	0,07	4,32
Barat	0,009	1,79	1,81	0,07	3,68
TOTAL	0,030	6,56	6,90	0,32	13,78

Tabel 9. Nilai Konsumsi BBM Rata-rata Per Jam Saat Jam Sibuk Pada Simpang Gondomanan Eksisting

Pendekat	Tundaan (Jam)	Konsumsi BBM (liter/kendaraan)			
		MC	LV	HV	TOTAL
Utara	0,11	25,63	30,41	1,02	57,07
Timur	0,16	34,30	26,21	2,59	63,10
Selatan	0,16	39,23	49,26	1,48	89,97
Barat	0,18	37,26	37,71	1,56	76,52
TOTAL	0,62	136,42	143,59	6,66	288,67

Tabel 10. Konsumsi BBM Rata-rata serta Biaya Kerugian Selama Satu Siklus pada Simpang Gondomanan Saat Jam Sibuk (Lamsal)

Pendekat	BBM (liter/jam)	Biaya
Utara	2,74	Rp 20.568
Timur	3,03	Rp 22.744
Selatan	4,32	Rp 32.427
Barat	3,68	Rp 27.580
Total	13,78	Rp 103.320

Tabel 11. Total BBM Rata-rata dan Biaya Kerugian Selama Satu Siklus Pada Simpang Gondomanan saat Kondisi Jam Puncak (Lamsal)

Pendekat	BBM (liter/jam)	Biaya
Utara	57,07	Rp 428.009
Timur	63,10	Rp 473.287
Selatan	89,97	Rp 674.791
Barat	76,52	Rp 573.925
Total	286,67	Rp 2.150.012

Alternatif Pemecahan Masalah

Alternatif 1

Pada alternatif 1 waktu siklus diatur ulang agar menjadi lebih efektif dan efisien seperti pada tabel 14 berikut.

Tabel 14. Sinyal Lalu Lintas pada Alternatif 1

Pendekat	Waktu Nyala (detik)			Waktu Siklus (detik)
	Hijau	Kuning	Allred	
Utara	43	3	3	200
Timur	39	3	3	200
Selatan	56	3	3	200
Barat	38	3	3	200

Alternatif 2

Pada Alternatif 2 median digeser ke pendekat selatan agar menjadi lebih optimal. Data sinyal lalu lintas dan fase terlihat pada Tabel 15 dan Gambar 3 berikut.

Tabel 15. Sinyal Lalu Lintas pada Alternatif 2

Pendekat	Waktu Nyala (detik)			Waktu Siklus (detik)
	Hijau	Kuning	Allred	
Utara	40	3	3	173
Timur	35	3	3	173
Selatan	41	3	3	173
Barat	33	3	3	173

Alternatif 3

Pada alternatif 3 waktu siklus diatur ulang dan median digeser ke pendekat selatan pada simpang Gondomanan. Pada Tabel 16 berikut dapat dilihat data waktu siklus selengkapnya.

Tabel 16. Sinyal Lalu Lintas Alternatif 3

Pendekat	Waktu Nyala (detik)			Waktu Siklus (detik)
	Hijau	Kuning	Allred	
Utara	35	3	3	162
Timur	32	3	3	162
Selatan	40	3	3	162
Barat	31	3	3	162

Analisis Regresi

Untuk perhitungan konsumsi dengan menggunakan Lamsal, 2013 digunakan variabel bebas dan variabel tidak bebas seperti pada Tabel 12.

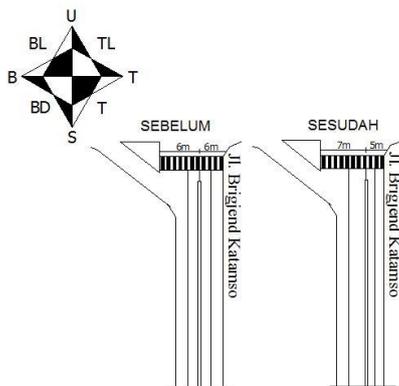
Model Summary pada Tabel 13 dapat disimpulkan bahwa jika nilai tundaan semakin besar, maka konsumsi BBM akan semakin meningkat pula. Hal ini terlihat bahwa hubungan variabel tundaan terhadap variabel konsumsi BBM sebesar 99,6%.

Sedangkan hasil persamaan regresinya dapat ditulis sebagai berikut.

$$Y = 0,004 + 1,28X$$

Persamaan tersebut dapat diterjemahkan bahwa variabel konsumsi BBM memiliki nilai konsistensi sebesar 0,004. Dari persamaan itu dapat disimpulkan pula bahwa jika nilai tundaan bertambah 1%, maka terjadi penambahan konsumsi BBM sebanyak 1,278. Nilai koefisien adalah positif, variabel tundaan (X) memiliki

pengaruh terhadap variabel konsumsi BBM (Y).



Gambar 3. Geometri Alternatif 2 Sebelum dan Sesudah Geser Median Pada Simpang Gondomanan

Setelah dianalisis dengan perangkat lunak *VISSIM*, pada lengan selatan didapatkan panjang antrian dan tundaan yang lebih baik dibandingkan dengan kondisi eksisting. Jika dilihat dari kinerjanya, didapatkan peningkatan pelayanan yang semula D menjadi C pada lengan selatan. Selain itu, nilai V/C di lengan yang sama juga mengalami peningkatan kinerja, walaupun di lengan yang lain ada yang tetap dan mengalami penurunan kinerja. Pada alternatif 1 juga mengalami penurunan penggunaan BBM menjadi 12,46 liter yang semula 13,78 liter.

Hasil tundaan tidak mengalami penurunan, tetapi jika dibandingkan dari kondisi eksisting untuk panjang antrian pada alternatif 2 menjadi turun. Pada pendekat timur tundaan mengalami penurunan dan memiliki panjang antrian terbesar. Jika dilihat dari tingkat pelayanan, tingkat pelayanan C hanya terdapat pada pendekat utara. Evaluasi simpang didasari oleh Bina Marga 1997. Pada pendekat selatan dari hasil alternatif 2, derajat kejenuhan mengalami penurunan sedangkan untuk pendekat lain derajat kejenuhannya tetap. Syarat layak simpang untuk perbaikan simpang Gondomanan dengan menggunakan alternatif 2 belum terpenuhi dikarenakan pada pendekat selatan memiliki derajat kejenuhan $>0,85$. Pada alternatif 2, total konsumsi BBM yang terbuang lebih besar

jika dibandingkan dengan kondisi eksisting. Usulan solusi dengan menggeser median pada pendekat selatan terlihat pada gambar.

Pada alternatif 3 panjang antrian lebih kecil dan tundaan dibeberapa pendekat mengalami penurunan dibandingkan dengan kondisi eksisting pada masing-masing pendekat. Jika ditinjau dari kinerjanya, terdapat peningkatan kinerja menjadi C dari yang semula D pada pendekat timur. Derajat kejenuhan pada pendekat selatan dari hasil alternatif 3 mengalami penurunan, namun pendekat yang lain terjadi peningkatan derajat kejenuhan namun masih $\leq 0,85$. Selain itu, dibandingkan dengan kondisi eksisting, total konsumsi BBM yang terbuang pada alternatif 3 mengalami penurunan. Pada Tabel 17 sampai dengan Tabel 19 berikut dapat dilihat gambaran lebih lengkapnya.

Berdasarkan hasil rekapitulasi diketahui bahwa alternatif 3 merupakan solusi paling baik yang dapat dilakukan untuk simpang Gondomanan, dikarenakan alternatif 3 menunjukkan kinerja paling baik.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Selama satu siklus puncak, jumlah konsumsi rata-rata bahan bakar yang terbuang saat ini sebanyak 13,78 liter dengan kerugian sebesar Rp. 103.320. Sedangkan pada satu jam puncak, jumlah konsumsi rata-rata bahan bakar yang terbuang sebanyak 286,67 liter dengan kerugian sebesar Rp. 2.150.012. Dapat diketahui dari hasil analisis bahwa pada simpang bersinyal konsumsi bahan bakar dapat dipengaruhi oleh kinerja simpang berupa tundaan. Jika nilai tundaan semakin tinggi, maka konsumsi bahan bakar yang terbuang akan semakin banyak. Dari beberapa alternatif yang dibuat sebagai solusi permasalahan ini, terdapat 2 dari 3 alternatif yang sudah memenuhi derajat kejenuhan (DS) pada setiap pendekat sehingga dapat digunakan. Kedua alternatif tersebut yaitu alternatif 1 dan 3. Alternatif 2 tidak memenuhi syarat derajat kejenuhan (DS) pada salah satu

Tabel 17. Rekapitulasi Kinerja Simpang Gondomanan Pada Kondisi Eksisting dengan Semua Alternatif

Pendekat		Utara	Timur	Selatan	Barat	
Tundaan (detik)	Eksisting	19,82	28,04	28,35	31,16	
	Alternatif	1	22,71 (-14,6%)	30,20 (-7,7%)	21,74 (+23,3%)	30,54 (+2,0%)
		2	19,56 (+1,3%)	22,86 (+18,5%)	28,23 (+0,4%)	30,26 (+2,9%)
		3	18,81 (+5,1%)	23,69 (+15,5%)	29,13 (-2,8%)	30,10 (+3,4%)
Panjang Antrian (m)	Eksisting	313,06	510,21	474,15	510,21	
	Alternatif	1	318,52 (-1,7%)	510,19 (0%)	468,68 (+1,2%)	510,20 (0%)
		2	313,09 (0%)	510,15 (0%)	396,64 (+16,3%)	510,03 (0%)
		3	313,05 (0%)	510,18 (-2,4%)	396,66 (+16,3%)	509,40 (+0,2%)
Derajat Kejenuhan	Alternatif	1	0,85 (-7,6%)	0,85 (-3,6%)	0,85 (+15,8%)	0,84 (0%)
		2	0,79 (0%)	0,82 (0%)	0,89 (+11,9%)	0,84 (0%)
		3	0,85 (-7,6%)	0,84 (-2,4%)	0,85 (+15,8)	0,83 (+1,2%)
		Eksisting	C	D	D	D
Tingkat Pelayanan	Alternatif	1	C	D	C	D
		2	C	C	D	D
		3	C	C	D	D

Tabel 18. Rekapitulasi Konsumsi Rerata BBM dan Biaya Kerugian di Simpang Gondomanan Ketika Jam Puncak Selama Satu Siklus

Pendekat		Utara	Timur	Selatan	Barat	Total	
Total	Eksisting	2,74	3,03	4,32	3,68	13,78	
Konsumsi BBM Rata-rata (liter)	Alternatif	1	2,63	2,96	3,49	3,38	12,46
		2	2,26	2,36	4,23	3,09	11,95
		3	2,28	2,37	4,56	3,24	12,45
Biaya (Rp)	Eksisting	20.568	22.744	32.427	27.580	103.320	
	Alternatif	1	19.735	22.204	26.189	25.329	93.457
		2	16.967	17.706	31.726	23.199	89.598
		3	17.085	17.801	34.175	24.302	93.363

Tabel 19. Rekapitulasi Konsumsi Rerata BBM dan Biaya Kerugian di Simpang Gondomanan Ketika Jam Puncak Selama Satu Jam

Pendekat		Utara	Timur	Selatan	Barat	Total	
Total	Eksisting	57,07	63,10	89,97	76,52	286,67	
Konsumsi BBM Rata-rata (liter)	Alternatif	1	54,75	61,61	72,66	70,28	259,30
		2	47,07	49,13	88,03	64,37	248,59
		3	47,40	49,39	94,82	67,43	259,04
Biaya (Rp)	Eksisting	428.009	473.287	674.791	573.925	2.150.012	
	Alternatif	1	410.662	462.045	544.957	527.073	1.944.737
		2	353.063	368.443	660.192	482.759	1.864.457
		3	355.518	370.424	711.148	505.702	1.942.792

pendekat yaitu pendekat selatan, sehingga alternatif 2 tidak dapat digunakan.

Jika ditinjau dari tingkat pelayanan, pada alternatif 1 yang memiliki perubahan adalah pendekat selatan, yang awalnya D berubah menjadi C. Pada alternatif 3 yang memiliki perubahan adalah pendekat timur dengan perubahan dari D menjadi C. Total kerugian akibat bahan bakar pada alternatif

1 mengalami penurunan begitu pula pada alternatif 3, dari kondisi eksisting sebesar Rp. 2.150.012 pada alternatif 1 turun menjadi Rp. 1.944.737 dan pada alternatif 3 turun menjadi Rp 1.942.792.

Saran

Pengamatan simpang Gondomanan secara langsung bisa diamati di hari-hari

sibuk lainnya. Bagi penelitian selanjutnya, perbandingan bisa menggunakan metode yang lainnya seperti LAPI-ITB atau dengan mencari referensi lebih banyak lagi.

DAFTAR PUSTAKA

- Darmaputera, A. W. dan Kurnaedy, D. 1999. Konsumsi BBM Premium di Indonesia dan Faktor-Faktor Yang Mempengaruhinya. *Jurnal Bina Ekonomi*. Universitas Katolik Parahyangan. Bandung.
- Bina Marga. 1997. *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)*. Direktorat Bina Jalan Kota. Jakarta.
- Hadis, C. S. 2013. Hubungan Tundaan dan Panjang Antrian Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Akibat Penutupan Pintu Perlintasan Kereta Api. *Tugas Akhir*. (Tidak Diterbitkan). Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Julianto, E. N. 2007. Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Simpang Bangkong dan Simpang Milo Semarang Berdasarkan Konsumsi Bahan Bakar Minyak. *Tesis*. (Tidak Diterbitkan). Universitas Diponegoro. Semarang.
- Khafidz, L. 2016. Hubungan Tundaan dan Panjang Antrian Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Minyak Pada Lajur Pendekat Simpang (Studi Kasus pada Jalan Arteri Kota Surakarta), *e-Jurnal Matriks Teknik Sipil*. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Lamsal, A. 2013. *Toward Geo Enable Economy*. Automotive Traffic Information System. India
- Kementrian Perhubungan. 2015. Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 96 Tahun 2015 Tentang Pedoman Pelaksanaan Kegiatan Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas di Jalan. Kementerian Perhubungan. Jakarta.
- PTV Group. 2017. *VISSIM Comprehensive Modelling Basic Using Microscopic Traffic Flow Simulation*. Jerman.